

Exercice 1: La distance des planètes

Le modèle héliocentrique fournit une description du système solaire plus simple que ne l'était le système des épicycles de Ptolémée. Copernic l'utilisa pour déterminer la distance des planètes.

1.1 - Les planètes internes.

Vu de la Terre, les planètes Vénus et Mercure ne sont jamais très éloignées du soleil, c'est pour cela qu'on les voit au crépuscule et jamais au milieu de la nuit. Au fil du temps, ces planètes se rapprochent et s'éloignent du soleil, pourtant l'angle maximum qui les sépare du soleil ne dépasse jamais 46° pour Vénus, et varie entre 16° et 27° pour Mercure.

a) Représenter la configuration Terre-Vénus-Soleil dans un modèle héliocentrique au moment où l'angle est maximal. En déduire la distance de Vénus au Soleil (on appelle l'unité astronomique la distance Terre-Soleil).

b) Pour quelle raison la séparation maximale Soleil-Mercure n'est-elle pas constante ? En prenant un angle maximal moyen, déterminer la distance de Mercure au Soleil.

1.2 - Les planètes externes - Optionnel

Vu depuis la Terre, les autres planètes (visibles à l'oeil nu : Mars, Jupiter, Saturne) parcourent un grand cercle et leur distance angulaire au soleil passe de 0° à 180° . La solution de l'exercice précédent ne peut donc pas être utilisée telle quelle.

Néanmoins, comment la même idée peut-elle être reproduite ? Comment l'utiliser pour déterminer la distance des planètes externes ? Comment déterminer les angles nécessaires ? Faire un schéma.

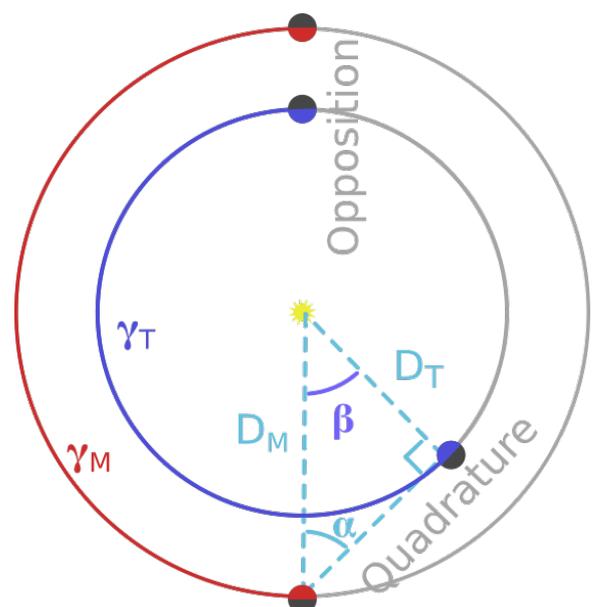


Fig. 1: Définitions de l'opposition et de la quadrature

On donne la table suivante indiquant les périodes orbitales des planètes externes visibles à l'oeil nu ainsi que le nombre de jours n entre l'opposition et la quadrature, qui sont les instants où les planètes sont alignées avec le soleil et forment un angle droit avec lui respectivement, comme indiqué dans la Fig. 1.

Planète	Période (jours)	n
Mars	687	123
Jupiter	4433	87
Saturne	10828	88

Exercice 2: La première loi de Kepler

Si le modèle héliocentrique semblait plus simple et donc plus attrayant, les positions prédites par le modèle simple de Copernic ne correspondaient pas aux positions mesurées, montrant que le modèle n'était pas correct.

En utilisant les observations très précises de Tycho Brahé de Mars, Johannes Kepler va réussir à déterminer sa période orbitale de 687 jours et décrire les mouvements des planètes avec ses trois lois. Nous allons ici reproduire le cheminement qui l'amena à énoncer sa première loi : « *Les planètes décrivent des orbites en forme d'ellipses dont le soleil occupe un des foyers* ».

Pour cela, nous allons utiliser les mesures des *longitudes écliptiques* de Mars et du Soleil obtenues par Tycho Brahé. En effet, si deux angles sont nécessaires pour se repérer sur la sphère céleste, la position de toutes les planètes et du soleil très proche du plan de l'écliptique (plan orbital de la Terre) permet de simplifier le problème et de n'utiliser qu'un seul angle, la longitude écliptique, définie comme l'angle mesuré depuis la Terre le long de l'écliptique en partant du point Vernal (position du soleil durant l'équinoxe de Mars).

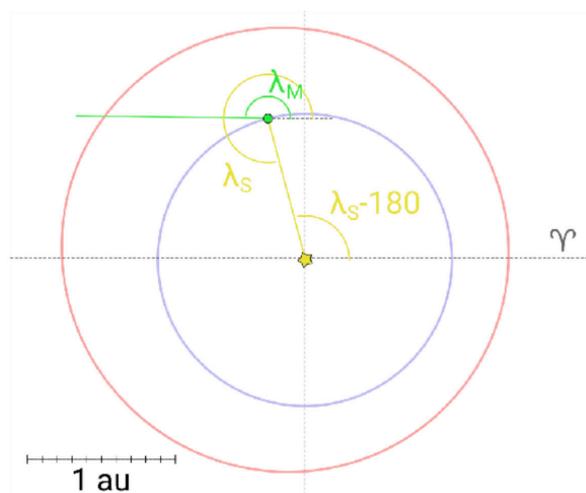


fig. 2: La longitude écliptique λ est définie comme l'angle entre la direction du point vernal (\square) et le corps céleste, vu depuis la Terre. Ici la longitude du soleil λ_S permet de placer la Terre sur son orbite et la longitude de Mars λ_M indique sa direction vu depuis la Terre.

De toutes les observations de Tycho Brahé, Johannes Kepler va en sélectionner 10 qui sont particulièrement intéressantes pour étudier l'orbite de Mars. Elles sont reproduites

dans la ci-dessous : date calendaire, longitude éclipique de Mars, longitude éclipique du soleil, et jour julien (le jours julien est l'unité de temps utilisée en astronomie, où l'origine est le 1^{er} Janvier 4713 avant J.-C., qui permet de mesurer facilement des durées, l'échelle étant continue et régulière).

Date calendaire	Longitude éclipique (°)		Jour Julien
	de Mars (λ_M)	du Soleil (λ_S)	
17 février 1585	138	328	2300017
10 mars 1585	132	349	2300038
05 janvier 1587	179	284	2300704
26 janvier 1587	184	306	2300725
28 mars 1587	171	7	2300786
12 février 1589	216	323	2301473
19 septembre 1591	278	175	2302422
06 Août 1593	347	133	2303109
07 décembre 1593	354	249	2303226
25 Octobre 1595	53	211	2303919

2.1 - Pourquoi Kepler a-t-il précisément choisi ces dates.

Pour mieux comprendre la situation, nous allons tracer ces données dans un graphique représentant l'éclipique vue du dessus (comme la Fig. 2).

- a) Placer la Terre sur son orbite pour chaque date.
- b) Tracer la direction dans laquelle Mars est vu depuis la Terre pour chaque date.

La position sur le ciel ne donne que la direction de Mars, sans connaître sa distance, donc sa position exacte dans l'espace. Néanmoins, que peut-on dire de deux positions de Mars séparées de 687 jours ?

- c) Identifier cinq positions de Mars sur son orbite.

2.2 - La distance entre Mars et le soleil est-elle constante au cours de l'orbite ?

2.3 - Forme de l'orbite de Mars.

Deux positions de Mars sont par chance diamétralement opposées par rapport au Soleil et nous permettent de mesurer le diamètre (ou le rayon) de l'orbite de Mars.

- a) Tracer le « centre » de l'orbite de Mars, équidistant à toutes les positions de Mars
- b) En quoi la position de ce centre est-elle remarquable ?